

# 「既設再処理施設」及び「既設特定廃棄物管理施設」の耐震安全性評価について

平成19年11月2日

日本原燃株式会社

## 1. はじめに

平成18年9月19日付けで原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」が改訂（以下、「新耐震指針」という。）されました。

これに伴い翌9月20日に原子力安全・保安院より当社に対して「既設再処理施設」及び「既設特定廃棄物管理施設」について新耐震指針に照らした耐震安全性評価の指示がなされ、当社は平成18年10月18日に耐震安全性評価実施計画書（以下、「実施計画書」という。）を原子力安全・保安院へ提出し、耐震安全性評価を実施してまいりました。さらに、新潟県中越沖地震などから得られる新たな知見を必要に応じて適切に反映するために、平成19年8月20日に「実施計画書」を見直しました。

今回の報告は、図-1に示す評価フローに従い、実施した地質調査を踏まえて基準地震動 Ss を策定し、

「基礎地盤の安定性」、「安全上重要な建物・構築物の耐震安全性」、「屋外重要土木構造物の耐震安全性」及び「安全上重要な機器・配管系の耐震安全性」等の評価を実施した結果についてとりまとめたものです。

## 2. 耐震設計審査指針改訂の概要

新耐震指針における主な改訂内容を表-1に示します。

表-1 新耐震指針において改訂された主な項目と内容

項目	旧耐震指針	新耐震指針
活断層評価	・5万年前以降の活動性を否定できない活断層を評価	・後期更新世（約12～13万年前）以降の活動性を否定できない活断層を評価
地震動評価	・基準地震動 S <sub>1</sub> 、S <sub>2</sub> の策定 ・応答スペクトルによる地震動評価	・基準地震動 Ss の策定 ・応答スペクトル及び断層モデルを用いた手法による地震動評価
直下地震	・マグニチュード6.5の直下地震の地震動評価	・震源を特定せず策定する地震動評価
地震力算定	・鉛直地震力は静的評価	・鉛直地震力は静的評価に加え動的評価
重要度分類	A <sub>s</sub> 、A、B、Cクラス	Sクラス（A <sub>s</sub> 、Aクラスを統合） B、Cクラスは変更なし

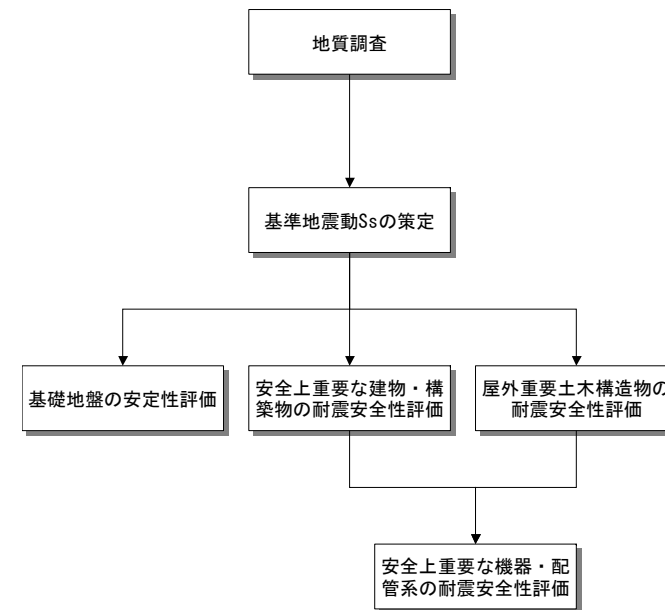


図-1 耐震安全性評価フロー

## 3. 評価結果

### (1) 地質調査

新耐震指針に基づき、後期更新世（約12～13万年前）以降の活動性が否定できない断層の評価を行いました。評価に当たっては、①従来の調査手法（文献調査、地表地質調査、ボーリング調査等）、②航空写真や地形図等を用い、断層活動、地殻変動等により生じた可能性のある地形に着目した地形調査（変動地形学的調査）、③地下の地質構造や物性を人工地震波、重力等を利用して行う調査（地球物理学的調査）等を適切に組み合わせた十分な調査を実施しました。

陸域については、変動地形学的調査、敷地近傍（敷地からの半径約5km）における地球物理学的調査として反射法地震探査<sup>※1</sup>（4測線、総延長約40km）、重力探査<sup>※2</sup>（約150点）等の追加調査を実施しました。

海域については、公的機関、電気事業者、当社等が既の実施した海上音波探査（総延長約3,300km）の記録を再度詳細に解析しました。

その結果、新耐震指針に基づく基準地震動 Ss の策定に際して、耐震設計上考慮すべき新たな活断層がないことを確認しました。

※1 反射法地震探査：人工震源を用いて地表を振動させ地中に波を送り、地層や岩石等の境界面からかえってくる波（反射波）を地表で観測し、地下の地質の状況等を把握するもの

※2 重力探査：地下の土や岩の密度差を利用して地下構造を調査する方法

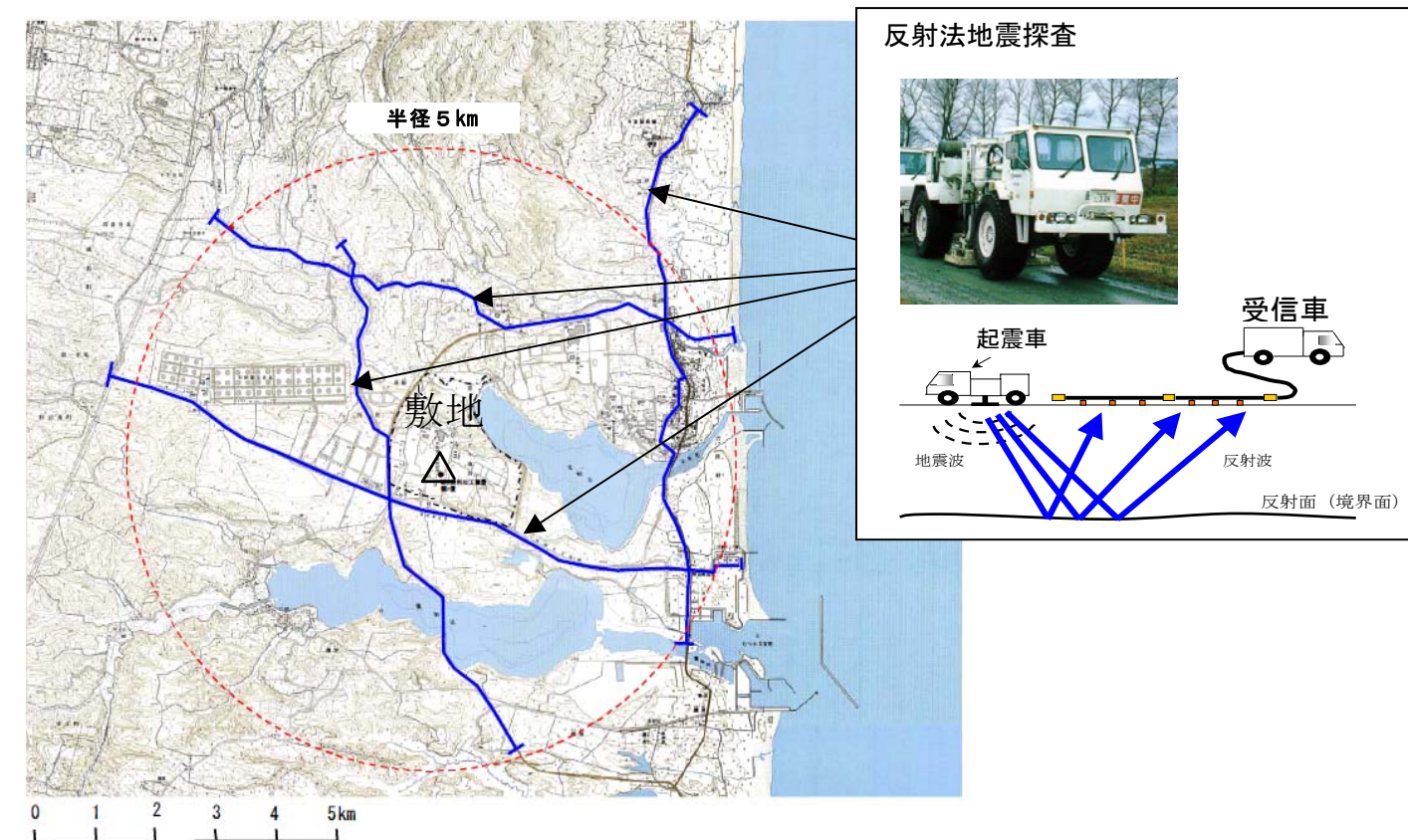


図-2 反射法地震探査位置図

(2) 基準地震動 Ss の策定

基準地震動 Ss は、新耐震指針に基づき、図-3 に示すフローに従い策定しました。

図-4 に示す基準地震動 Ss の策定に際して考慮した活断層、過去及び現在の地震発生状況等を考慮して、敷地周辺で発生する可能性のある地震について、地震発生様式による分類を行った上で、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下、検討用地震という。）として、「想定三陸沖北部の地震」及び「出戸西方断層による地震」を選定しました。

選定した検討用地震について、応答スペクトルに基づく地震動評価（震源距離と地震の規模の関係をもとに地震の影響（応答スペクトル）を想定する経験的な手法）及び断層モデルを用いた手法（想定した断層面が動いた際の地震動（地震波）を評価する手法）による地震動評価を行い、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として基準地震動 Ss-1 を策定しました。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動 Ss-2 を策定しました。これらの基準地震動の応答スペクトルを図-5 に、加速度波形を図-6 に示します（水平方向の加速度はいずれも  $450\text{cm/s}^2$ （ガル））。

六ヶ所地点において基準地震動の策定は、鷹架層において地震波の主要動である S 波（横波）が地中を伝わる速度が  $700\text{m/s}$  以上となる標高マイナス 70m に想定した解放基盤表面で行っています。

なお、新潟県中越沖地震等から現時点で得られた知見を取り入れ、震源断層を再評価した検討を併せて実施しました。

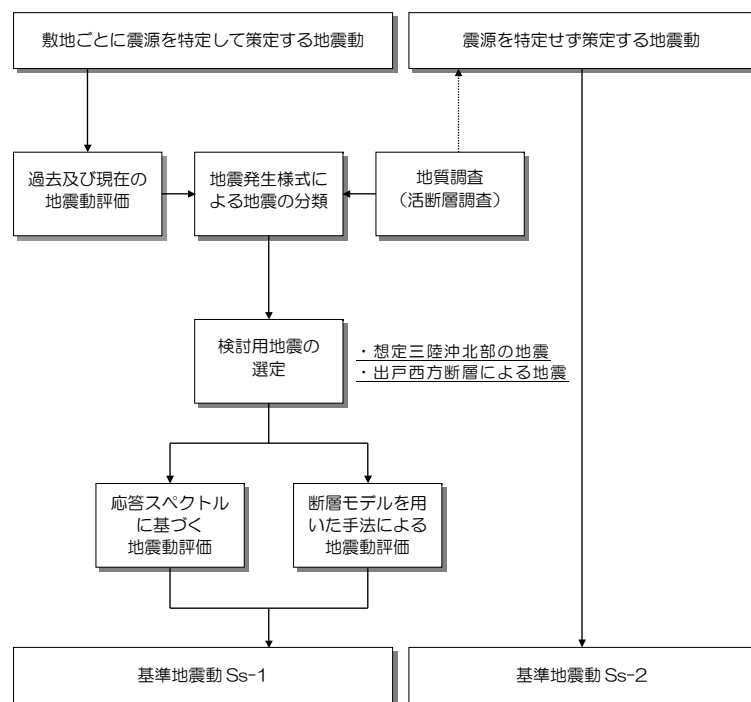


図-3 基準地震動 Ss の策定フロー

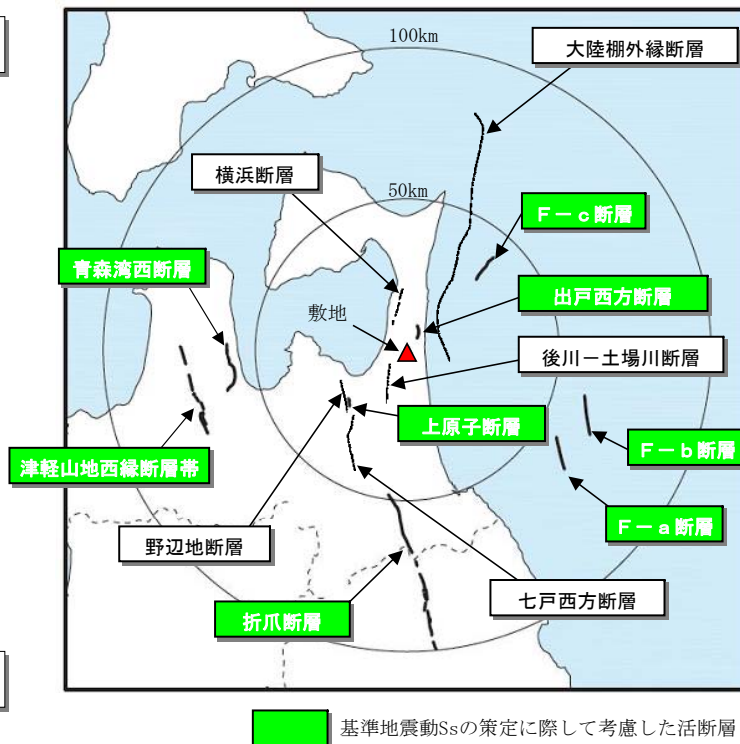
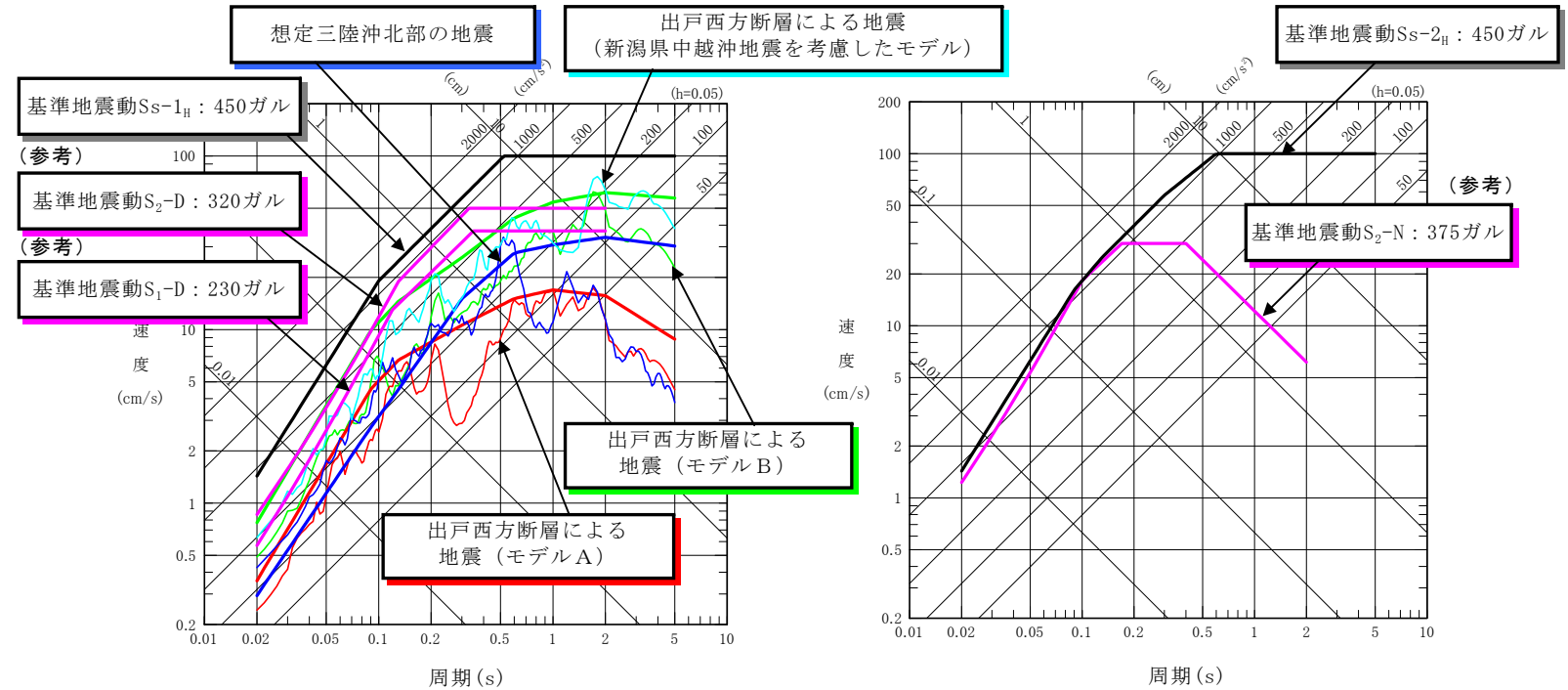


図-4 敷地周辺の活断層分布図



(a) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価

(b) 震源を特定せず策定する地震動評価

太線 : 応答スペクトルに基づく地震動評価  
 細線 : 断層モデルを用いた手法による地震動評価 (NS)  
 モデルA : 地表断層長さを震源断層長さとしたモデル  
 モデルB : 震源断層が地震発生層の上限から下限まで広がっていると想定したモデル  
 (参考: 旧耐震指針)  
 S<sub>2</sub>-D、S<sub>2</sub>-N : 既設再処理施設  
 S<sub>1</sub>-D : 既設再処理施設及び既設特定廃棄物管理施設

図-5 基準地震動 Ss の応答スペクトル（水平方向）

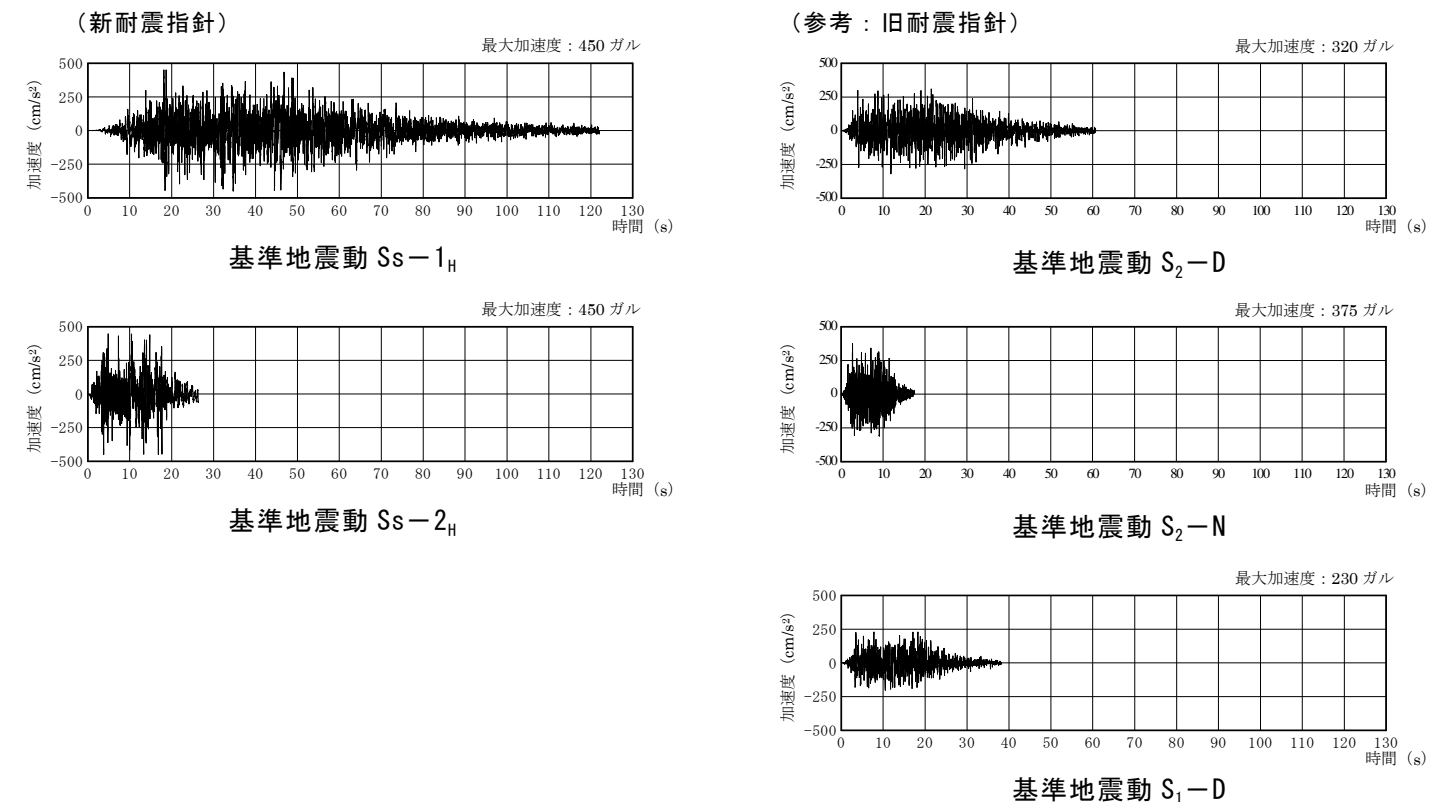


図-6 基準地震動 Ss の加速度波形（水平方向）

表－3 既設再処理施設の安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価結果

選定理由※1	建屋名称	最大応答※2 せん断ひずみ	評価基準値※3	判定
Sクラス	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	0.26×10 <sup>-3</sup>	2.0×10 <sup>-3</sup>	○
	前処理建屋	0.33×10 <sup>-3</sup>		○
	分離建屋	0.22×10 <sup>-3</sup>		○
	精製建屋	0.73×10 <sup>-3</sup>		○
	ハル・エンドピース貯蔵建屋	0.18×10 <sup>-3</sup>		○
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	0.24×10 <sup>-3</sup>		○
	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	0.19×10 <sup>-3</sup>		○
	高レベル廃液ガラス固化建屋	0.22×10 <sup>-3</sup>		○
	第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟	0.80×10 <sup>-3</sup>		○
	第1ガラス固化体貯蔵建屋西棟 (第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟と一体化した建屋として評価)	1.41×10 <sup>-3</sup>		○
間接支持	制御建屋	0.42×10 <sup>-3</sup>		○
	主排気筒管理建屋	0.13×10 <sup>-3</sup>		○
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	0.22×10 <sup>-3</sup>		○
波及的影響	非常用電源建屋	0.11×10 <sup>-3</sup>		○
	使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	0.10×10 <sup>-3</sup>		○
	使用済燃料輸送容器管理建屋 (トレーラエリア)	0.15×10 <sup>-3</sup>		○

表－4 既設特定廃棄物管理施設の安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価結果

選定理由※1	建屋名称	最大応答※2 せん断ひずみ	評価基準値※3	判定
Sクラス	ガラス固化体貯蔵建屋	1.02×10 <sup>-3</sup>	2.0×10 <sup>-3</sup>	○
	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	0.16×10 <sup>-3</sup>		○
波及的影響	ガラス固化体受入れ建屋	0.23×10 <sup>-3</sup>		○

- ※1 選定理由  
 Sクラス：重要度分類がSクラスである施設  
 間接支持：Sクラスの設備を内蔵する間接支持構造物としての機能を有する施設（機能維持）  
 波及的影響：その破損がSクラスの設備に影響を与えるおそれのある施設
- ※2 最大応答せん断ひずみ：各層ごとの耐震壁頂部の変形を各層ごとの耐震壁の高さで除した値
- ※3 評価基準値：新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たった基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について（平成18年9月20日、原子力安全・保安院）

表－5 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価結果

評価対象※1	評価項目※2	照査値※4	評価基準値※3※4	判定
洞道（AT06）	せん断力 (kN)	496	652	○
	層間変形角	0.0042	0.0052	○
	曲げモーメント (kN・m)	1391	2208	○
洞道（TX60）	せん断力 (kN)	833	961	○
	層間変形角	0.0007	0.0080	○
洞道（TY20）	せん断力 (kN)	851	1052	○
	層間変形角	0.0008	0.0112	○

- ※1 AT06は高レベル廃液ガラス固化建屋と分離建屋を結ぶSクラスの施設であり、TX60及びTY20はSクラスの設備を内蔵する間接支持構造物としての機能を有する施設である。
- ※2 構造物の変形による評価として「せん断力」及び「層間変形角（頂版と底版の相対変位の度合い）」について評価を行った。またSクラス施設については部材の耐力による評価として「曲げモーメント」及び「せん断力」についても評価を行った。
- ※3 評価基準値は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会、2002.3）」及び「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会、2005.6）」に基づき求めている。
- ※4 頂版、底版、側壁、隔壁の各部材の中から評価基準値に対する照査値の比率が最も高い部材の値を記載している。

（3）基礎地盤の安定性評価

耐震安全上重要な構築物又は機器・配管系を内包する建物・構築物を支持する基礎地盤の安定性評価にあたっては、基準地震動Ssに基づく地震応答解析を実施しました。評価結果を表－2に示します。地震時に地盤がある面に沿って移動する「すべり」の安全率が3.3以上あり、すべり安全率の評価基準値1.5を上回ることを確認しました。

以上から、基礎地盤が基準地震動Ssによる地震力に対して十分な支持性能を持つことを確認しました。

表－2 基礎地盤の耐震安全性評価結果

施設名称	すべり安全率※1 (解析値)	評価基準値※2	判定
既設再処理施設	3.3以上	1.5	○
既設特定廃棄物管理施設	6.4以上		

- ※1 すべり安全率：すべりの発生しにくさを表す係数で、「すべりに抵抗する力（抵抗力）[N/mm<sup>2</sup>]÷すべりを起こそうとする力（滑動力）[N/mm<sup>2</sup>]」により求まる。
- ※2 評価基準値：新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たった基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について（平成18年9月20日、原子力安全・保安院）

（4）安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

既設再処理施設において、評価対象とした建屋は、Sクラスである10建屋、Sクラスの設備を間接支持する4建屋、その破損がSクラスの設備に波及的影響のある2建屋の計16建屋です。既設特定廃棄物管理施設において、評価対象とした建屋は、Sクラスである2建屋、その破損がSクラスの設備に波及的影響のある1建屋の計3建屋です。

評価対象とした全19建屋について基準地震動Ssに基づく地震応答解析を実施し耐震安全性を確認した結果、各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみが評価基準値2.0×10<sup>-3</sup>を超えないことを確認しました。また、屋根トラス等の各部材における発生応力が評価基準値以下であることも合わせて確認しました。

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価結果を表－3及び表－4に示します。

（5）屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

評価対象施設である3洞道について、基準地震動Ssに基づく地震応答解析を実施し、「せん断力」、「層間変形角」等について評価を行った結果、照査値が評価基準値を超えないことを確認しました。

屋外重要土木構造物の耐震安全性評価結果を表－5に示します。

表－6 既設再処理施設の安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価結果  
(閉じ込め機能喪失時の環境影響が大きい主要機器の例)

建屋名称	評価対象設備	評価部位 <sup>※1</sup>	応力比 <sup>※2</sup>	判定
前処理建屋	溶解槽	取付ボルト	0.48	○
	清澄機	サイホン部	0.13	○
	不溶解残渣回収槽	基礎ボルト	0.09	○
分離建屋	高レベル廃液濃縮缶	加熱・冷却コイル 支持構造物	0.91	○
精製建屋	プルトニウム濃縮缶	加熱部 胴板	0.08	○
	プルトニウム濃縮液受槽	基礎ボルト	0.17	○
	プルトニウム濃縮液一時貯槽	基礎ボルト	0.19	○
	プルトニウム濃縮液計量槽	基礎ボルト	0.17	○
	プルトニウム濃縮液中間貯槽	取付ボルト	0.17	○
	リサイクル槽	基礎ボルト	0.17	○
	希釈槽	基礎ボルト	0.13	○
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	硝酸プルトニウム貯槽	取付ボルト	0.44	○
	混合槽	取付ボルト	0.43	○
	脱硝装置	取付ボルト	0.16	○
高レベル廃液ガラス固化建屋	高レベル濃縮廃液貯槽	冷却コイル 支持構造物	0.52	○
	不溶解残渣廃液貯槽	取付ボルト	0.60	○
	高レベル濃縮廃液一時貯槽	取付ボルト	0.68	○
	不溶解残渣廃液一時貯槽	取付ボルト	0.49	○
	高レベル廃液共用貯槽	取付ボルト	0.51	○
	高レベル廃液混合槽	取付ボルト	0.81	○
	供給液槽	取付ボルト	0.34	○
	供給槽	取付ボルト	0.89	○
	ガラス溶融炉	ケーシング	0.55	○

※1 各設備において、評価基準値に対する発生値の割合が最大となるものを記載している。

※2 応力比とは、評価結果の発生値と許容値を示す評価基準値との比を表しており、1以下であれば、判定が○となるものである。

#### (6) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

既設再処理施設及び既設特定廃棄物管理施設において、評価対象とした機器・配管系は、Sクラス及びその破損がSクラスの施設に波及的影響のあるBクラス及びCクラス等の合計約800機種です。

評価対象設備である全機種について、基準地震動 Ss に基づく構造強度解析を実施し耐震安全性を確認した結果、各機器・配管系の解析値（発生値）が評価基準値を超えないことを確認しました。

評価対象設備のうち、表－6に既設再処理施設における閉じ込め機能喪失時の環境影響が大きい主要機器の構造強度の評価結果を、表－7に既設特定廃棄物管理施設における崩壊熱除去機能を有する主要機器の構造強度の評価結果を示します。

#### (7) 地震随件事象に対する考慮

周辺斜面の安定性に対しては、耐震安全上重要な施設の安全機能に重大な影響を与えるおそれのある斜面が敷地に存在しないこと、津波に対しては、敷地の造成高が標高約 55 mで海岸線からの距離も約 5km と遠いことなどから、いずれも当該施設の耐震安全性評価においては、考慮すべき対象となるものではありません。

### 4. まとめ

各種調査結果を踏まえて策定した基準地震動 Ss を用いて評価した結果、基礎地盤が十分な支持性能を有していること、安全上重要な建物・構築物、屋外重要土木構造物及び安全上重要な機器・配管系の耐震安全性等が確保されていることを確認しました。

表－7 既設特定廃棄物管理施設の安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価結果  
(崩壊熱除去機能を有する主要な機器の例)

建屋名称	評価対象設備	評価部位 <sup>※1</sup>	応力比 <sup>※2</sup>	判定
ガラス固化体貯蔵建屋 B棟	通風管	本体	0.12	○
		中段端ばり	0.24	○
	収納管	中段支持部	0.12	○

※1 各設備において、評価基準値に対する発生値の割合が最大となるものを記載している。

※2 応力比とは、評価結果の発生値と許容値を示す評価基準値との比を表しており、1以下であれば、判定が○となるものである。